



Sistema de Seguretat amb Arduino

Alberto Martínez González
Grau Multimèdia

Oriol Jaumandreu Sellarès
Consultor

Juny 2016



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Espanya de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/)

Títol del treball:	<i>Sistema de seguretat amb Arduino</i>
Nom de l'autor:	<i>Alberto Martínez González</i>
Nom del consultor:	<i>Oriol Jaumandreu Sellarès</i>
Data de lliurament:	<i>06/2016</i>
Àrea del Treball Final:	<i>Arduino</i>
Titulació:	<i>Grau Multimèdia</i>
Resum del Treball:	
<p>Aquest projecte tracta d'un sistema de seguretat per habitatges i/o espais on es vulgui disposar de mesures de detecció d'intrusions, però a un baix cost.</p> <p>La instal·lació estarà basada en sensors de detecció de presència i d'apertura de portes col·locats a llocs estratègics. Aquests es comunicaran per radiofreqüència amb una centraleta, la qual serà la que prengui les decisions oportunes per a cada situació.</p> <p>El sistema es posarà en contacte amb el propietari via missatge SMS, trucada de telèfon o si escau amb l'enviament d'un correu electrònic o comunicació via xarxes socials.</p> <p>L'alarma es podrà activar/desactivar mitjançant un teclat numèric incorporat a la centraleta, mitjançant el qual s'introduirà un codi secret.</p> <p>Tot el sistema estarà preparat per tal d'abastir-se de forma autònoma en cas que es produeixi un possible tall del subministrament elèctric i continuar funcionant de manera efectiva.</p>	

Abstract:

This project is developed as a security center for home or spaces where it is necessary to implement an intrusion detection system, but with a low budget.

The system is based on presence sensors and door open detectors installed in strategic places. These ones will communicate with a central station using a radiofrequency signal. The central station will make decisions depending on each situation.

The security center will contact the owner using a text message or phone call, or even sending an email or a social network message.

The alarm will be activated/deactivated using a numeric keyboard installed on the central station. Introducing a secret code changes the state of the system.

All the system is ready to work with batteries in case of a power outage in order to preserve the well functioning.

Paraules clau / Keywords:

Arduino, Sensor, Intrusion, Radio, RFID, SMS, Alarma

Índex

1. Introducció.....	4
1.1 Context i justificació del Treball	4
1.2 Objectius del Treball.....	6
1.3 Enfocament i mètode seguit	7
1.4 Planificació del Treball.....	8
1.5 Breu sumari de productes obtinguts	10
1.6 Breu descripció dels altres capítols de la memòria	11
2. Resta de capítols.....	12
2.1 Disseny de la infraestructura	12
2.1.1 Mapa conceptual de la instal·lació	12
2.1.2 Components principals	13
Arduino UNO	14
Arduino Mini Pro.....	15
Mòdul NRF24L01+	16
Mòdul Bluetooth	17
2.1.3 Components secundaris	18
Sensor RFID	18
Teclat numèric.....	17
Sensor PIR.....	18
Sensor magnètic	19
Detector de gasos	20
Sensor d'aigua	20
2.1.4 Esquemes de connexió.....	21
Centralita.....	21
Sensor RFID	27
Alarma remota.....	29
2.1.5 Alimentació dels circuits.....	31
Transformador extern.....	31
Bateries estàndard	33
Bateria Li-Ion.....	34

2.2 Lògica del sistema.....	35
2.2.1 Conceptes generals	35
2.2.2 Centraleta	37
Diagrama de flux general	37
Funcionament	38
Característiques	39
2.2.3 Sensors.....	40
Diagrama de flux general	40
Funcionament	41
Característiques	41
2.2.4 Sensor RFID	43
Diagrama de flux general	43
Funcionament	44
2.3 Productes finals	45
2.4 Pressupostos.....	48
3. Conclusions.....	54
4. Glossari	55
5. Bibliografia.....	57
6. Annexos	58

Llista de figures

Il·lustració 1. Mapa conceptual.....	13
Il·lustració 2. Arduino UNO.....	14
Il·lustració 3. Arduino Mini Pro.....	15
Il·lustració 4. Mòdul NRF24L01+	16
Il·lustració 5. Mòdul Bluetooth	17
Il·lustració 6. Teclat numèric.....	17
Il·lustració 7. Sensor RFID	18
Il·lustració 8. Identificadors RFID.	18
Il·lustració 9. Sensor PIR.....	19
Il·lustració 10. Sensor magnètic	19
Il·lustració 11. Detector de gasos.....	20
Il·lustració 12. Sensor d'aigua	20
Il·lustració 13. Esquema de la centraleta	22
Il·lustració 14. Esquema sensors	24
Il·lustració 15. Detall esquema sensors.....	25
Il·lustració 16. Esquema per carregar el programa.	26
Il·lustració 17. Sensor RFID.	28
Il·lustració 18. Alarma remota.....	30
Il·lustració 19. Carregador de mòbil.	31
Il·lustració 20. Alimentació Micro-USB.	32
Il·lustració 21. Adaptadors bateries.	33
Il·lustració 22. Carregador Li-Ion.....	34
Il·lustració 23. Diagrama de flux centraleta.	37
Il·lustració 24. Diagrama de flux sensor.	40
Il·lustració 25. Diagrama de flux RFID.....	43
Il·lustració 26. Placa JModule.....	58
Il·lustració 27. Sensor amb JModule.	58
Il·lustració 28. Configuració aplicació mòbil.....	59

1. Introducció

1.1 Context i justificació del Treball

Avui dia, malauradament, s'està incrementant el nombre de robatoris que es produeixen als habitatges de forma alarmant. Els lladres ja no només actuen en èpoques de vacances, aprofitant que els propietaris no hi són, sinó que ara dóna igual tant l'època de l'any com si s'hi troben gent a dins.

Encara que se segueixin totes les recomanacions indicades tant pels mitjans informatius com pels cossos de policia, aquestes no són mai suficients per poder evitar o, si no, almenys reduir els danys provocats per una intrusió a la nostra propietat. Sí que es pot contractar una assegurança que doni cobertura als objectes robats i es faci càrrec de les reparacions del que s'hagi fet malbé, però millor si es pot evitar.

Per això ja existeixen empreses privades de seguretat amb les que es pot contractar un sistema d'alarma i vigilància, les quals instal·len a l'habitatge els aparells que cobriran tots els aspectes necessaris per a garantir la seguretat de la mateixa i dels seus inquilins. A part, ens donen la confiança que en casos de robatori faran arribar una persona al lloc de l'incident en cas que no es doni resposta, sigui de la mateixa empresa o del cos de policia. L'inconvenient d'aquests serveis és que tenen preus elevats, ja que s'ha de pagar una quota mensual per tot el que ofereixen.

Una altra opció més assequible és instal·lar elements dissuasius a punts estratègics de l'habitatge. Aquests tipus d'aparells es poden comprar a qualsevol centre comercial especialitzat en bricolatge i no solen ser massa cars. Són petits detectors que faran sonar un senyal acústic en cas que s'activin, ja sigui quan s'obri una porta, quan detectin moviment, quan es trenqui la continuïtat d'un feix de llum, etc.

No cal dir, però, que tant un cas com l'altre malauradament no són cent per cent efectius en evitar que els lladres puguin entrar a l'habitatge a robar. A part que els delinqüents se les saben enginyar per saltar-se qualsevol d'aquestes mesures, el temps de resposta a les alarmes mai serà tan efectiu com per poder aturar-los en el moment de l'acte delictiu.

Per tant, el projecte que es proposa aquí és la creació d'un sistema d'alarma que es trobaria entremig dels dos esmentats anteriorment, però amb un cost molt més econòmic (de l'ordre de 10 vegades menys que un sistema propietari equiparable), fent assequible la seguretat per a qualsevol que ho necessiti i no tingui un poder adquisitiu elevat.

Aquest sistema es basa en la plataforma de prototipatge *open-hardware* fabricada per [Arduino](#), la qual dóna moltes possibilitats a uns preus realment baixos. Estarà compost per una sèrie de sensors distribuïts per tot l'habitatge situats a llocs estratègics. Aquests seran de diversos tipus, tenint la capacitat per detectar qualsevol intrusió no desitjada com detectors de presència o apertura de finestres i portes.

Els sensors es comunicaran per radiofreqüència enviant un senyal quan es faci una detecció. Aquest senyal serà recepcionat per una centraleta, la qual farà les gestions pertinents en cadascun dels casos que es puguin detectar. Si s'ha de donar l'avís d'alarma, es farà sonar un senyal acústic i al mateix temps s'enviarà un missatge [SMS](#) o es farà una trucada al mòbil de l'usuari. Així, aquest podrà determinar si cal trucar a la policia perquè facin un control a l'habitatge.

Tot el sistema està preparat per poder continuar funcionant en cas que hi hagués un tall del subministrament elèctric, pel que ens assegurarà la continuïtat de la vigilància i la seguretat al nostre habitatge en tot moment. Aquest sistema es podrà activar o desactivar des de l'exterior amb un sistema de detecció d'identificació col·locat prop de la porta d'entrada per facilitar-nos el seu ús.

1.2 Objectius del Treball

L'objectiu principal que es vol assolir un cop finalitzat el projecte és el d'oferir un sistema d'alarma que sigui assequible per a qualsevol persona, la qual pugui gaudir de la mateixa seguretat que ofereixen altres sistemes propietaris però amb un cost 10 vegades inferior. Aquest sistema incorporarà inicialment les següents característiques:

- Detecció d'intrusions.
- Comunicació a l'usuari de les mateixes.
- Facilitat d'instal·lació a l'habitatge o local.

Un cop assolit l'objectiu principal, es podrà ampliar el sistema per donar més possibilitats:

- Afegir sensors per donar, a més a més, informació sobre l'interior de l'habitatge com: temperatura, humitat, etc.
- Centralitzar la informació per poder consultar-la des de l'exterior mitjançant una plana web.
- Programar la centraleta per realitzar accions determinades en condicions determinades (abaixar persianes quan plougui, encendre la calefacció quan faci fred, etc.)

1.3 Enfocament i mètode seguit

Aquest projecte té la particularitat que s'ha de desenvolupar fent servir dues àrees que, encara que estiguin vinculades entre si, són molt diferents: l'electrònica i la programació.

Per una part s'hauran de dissenyar els esquemes elèctrics de tota la part física, que estarà composta pels sensors de detecció i també la mateixa centraleta que rebrà els senyals. Per l'altra, s'haurà de definir tota la part lògica que farà que els components s'entenguin entre si i actuïn d'una manera determinada.

Des de l'aparició dels productes d'*Arduino* hi ha hagut a les xarxes una explosió de creativitat, la qual ha donat pas a una infinitat de projectes dissenyats per una cada vegada més creixent comunitat d'usuaris d'aquesta plataforma. Es poden trobar de molts tipus aplicats a diferents àrees, amb documentació suficient per ser realitzades des de zero.

Per tant, el primer pas per poder dur a terme aquest treball serà el de fer una cerca rellevant en aquest àmbit per trobar informació sobre projectes existents. Encara que no incloguin totes les propietats que es busquen per realitzar aquest sistema, segurament serà un estalvi de feina, ja que es podrien modificar sense haver de crear-se des de l'inici. Molts esquemes electrònics i llibreries de programació estan desenvolupats i actualitzats per tal de treure el màxim rendiment a cada component o aplicació.

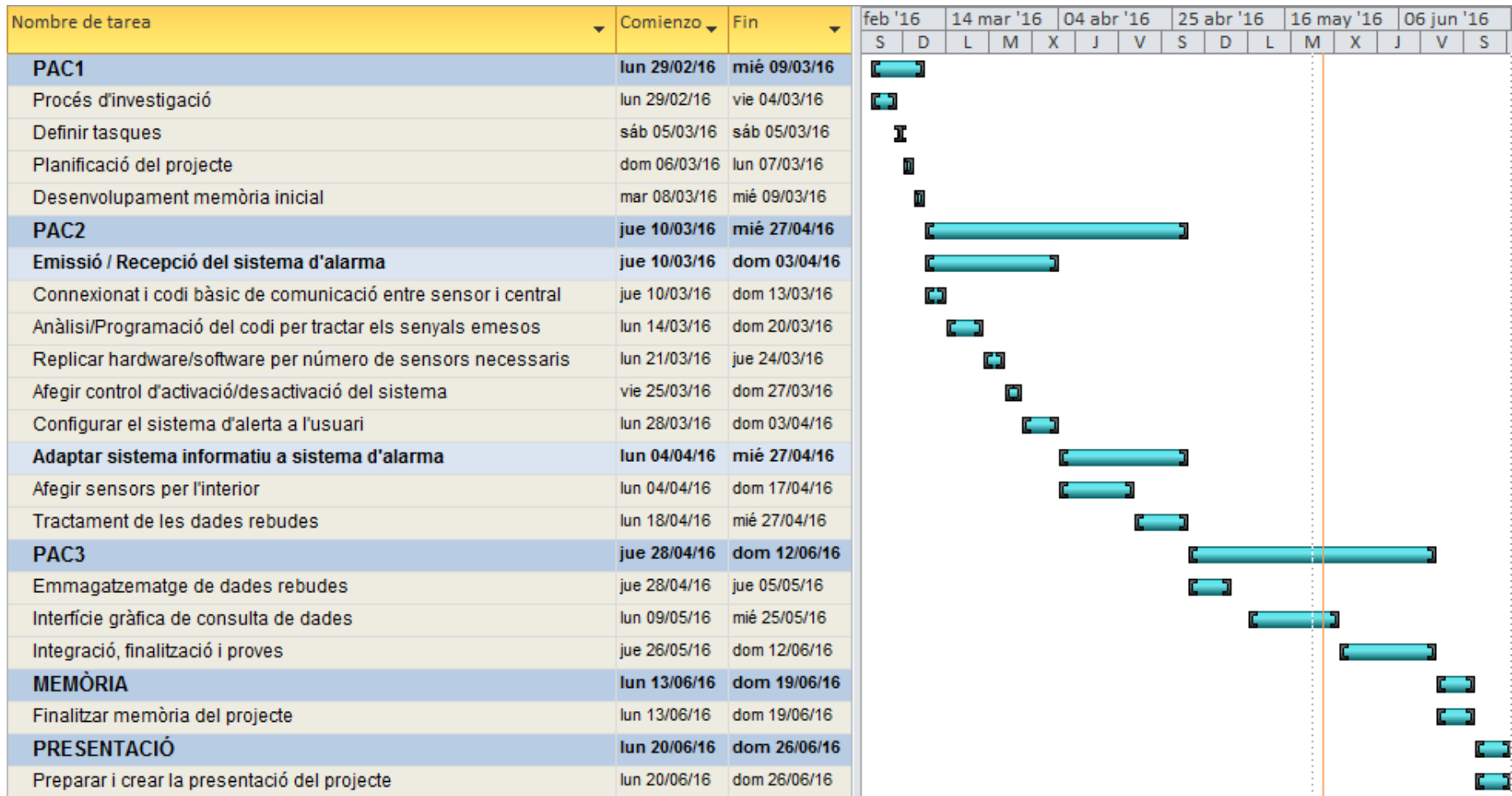
A partir d'aquí, només quedaria encaixar totes les peces per a que el conjunt fos homogeni i robust en el seu funcionament general.

1.4 Planificació del Treball

Es disposa de 4 mesos per al desenvolupament del projecte, així que s'ha optat per planificar les fites envers el control d'entregues de les PAC durant tota l'avaluació. El seguiment queda definit així:

Tasques a realitzar	Inici	Fi
PAC1	29/02/16	09/03/16
Procés d'investigació	29/02/16	04/03/16
Definir tasques	05/03/16	05/03/16
Planificació del projecte	06/03/16	07/03/16
Desenvolupament memòria inicial	08/03/16	09/03/16
PAC2	10/03/16	27/04/16
Emissió / Recepció del sistema d'alarma	10/03/16	03/04/16
Connexionat i codi bàsic de comunicació entre sensor i central	10/03/16	13/03/16
Anàlisi/Programació del codi per tractar els senyals emesos	14/03/16	20/03/16
Replicar hardware/software per número de sensors necessaris	21/03/16	24/03/16
Afegir control d'activació/desactivació del sistema	25/03/16	27/03/16
Configurar el sistema d'alerta a l'usuari	28/03/16	03/04/16
Adaptar sistema informatiu a sistema d'alarma	04/04/16	27/04/16
Afegir sensors per l'interior	04/04/16	17/04/16
Tractament de les dades rebudes	18/04/16	27/04/16
PAC3	28/04/16	12/06/16
Emmagatzematge de dades rebudes	28/04/16	05/05/16
Interfície de consulta de dades	09/05/16	25/05/16
Integració, finalització i proves	26/05/16	12/06/16
MEMÒRIA	13/06/16	19/06/16
Finalitzar memòria del projecte	13/06/16	19/06/16
PRESENTACIÓ	20/06/16	26/06/16
Preparar i crear la presentació del projecte	20/06/16	26/06/16

Taula 1. Descripció de les tasques.



Taula 2. Diagrama de Gantt.

1.5 Breu sumari de productes obtinguts

El sistema d'alarma estarà compost principalment de tres elements que treballaran entre si per tal d'assolir l'objectiu:

- Sensors de detecció: Els sensors estaran formats per un *Arduino Nano Pro* al qual se li afegiran els dispositius de detecció pertinents i un mòdul *NRF24L01+* per la comunicació amb la centraleta.
- Centraleta: Estarà formada per un *Arduino Uno* al que li afegirem dos mòduls per la comunicació sense fils. Un *NRF24L01+* per la recepció dels senyals dels sensors i un [Bluetooth HC-05](#) per comunicar-se amb el telèfon mòbil. Aquest també inclourà un teclat numèric per tal d'activar o desactivar el sistema.
- Sistema d'alerta: Es farà servir un telèfon mòbil connectat a la centraleta per tal d'enviar un senyal d'alerta a l'usuari en cas d'intrusió. Aquest avís podrà ser una trucada, l'enviament d'un correu electrònic o fins i tot un missatge SMS.

1.6 Breu descripció dels altres capítols de la memòria

[Disseny de la infraestructura](#)

Es defineix tot el referent a la part de maquinari del sistema. Es descriuen els components utilitzats i les connexions per tal que funcioni correctament, així com les diferents possibilitats d'alimentació i estalvi d'energia.

[Lògica del sistema](#)

Es detalla el funcionament del programari que incorporen les diferents plaques de desenvolupament que conformen el sistema.

[Productes finals](#)

Imatges dels productes obtinguts en la seva fase de prototip per fer funcionar el sistema d'alarma amb els elements mínims.

[Pressupostos](#)

Relació de preus de tots els components que s'han fet servir al sistema.

2. Resta de capítols

2.1 Disseny de la infraestructura

2.1.1 Mapa conceptual de la instal·lació

Estructura bàsica

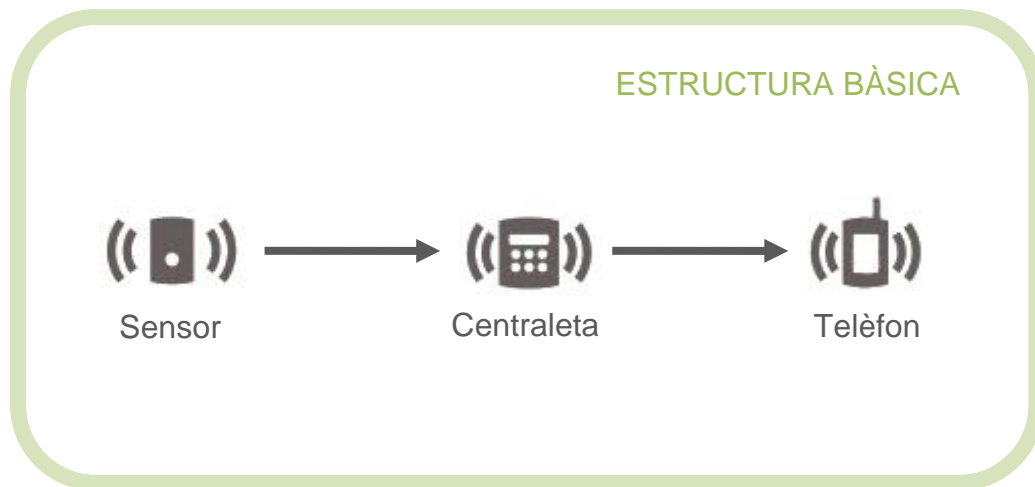
Aquesta seria la mínima expressió amb la qual el sistema pot funcionar sense problemes. Els elements bàsics que s'han d'instal·lar són:

- La unitat central on es processaran les dades. Disposarà d'un teclat numèric per tal d'activar o desactivar la detecció.
- Com a mínim un sensor dels que hi ha disponibles per instal·lar.
- Un telèfon mòbil per comunicar a l'usuari qualsevol alerta que es pugui produir.

Ampliacions possibles

Depenent del pressupost i/o de les necessitats de l'usuari, el sistema podrà ser ampliat amb una sèrie de mòduls que incrementaran tant l'eficiència com la funcionalitat del sistema. Són tots opcionals i independents, el que significa que es poden instal·lar i desinstal·lar sense problemes. Aquests són:

- Sensor [RFID](#) que activarà o desactivarà el sistema mitjançant la detecció d'un objecte personal, com una targeta.
- Una alarma independent instal·lada a l'exterior, la qual emetrà senyals tant acústics com visuals per tal de cridar l'atenció.
- El sistema principal té la capacitat de poder llegir un nombre il·limitat de sensors per tal de cobrir totes les necessitats. Es disposa de diversos tipus, preconfigurats ja al sistema.



Il·lustració 1. Mapa conceptual

2.1.2 Descripció dels components principals

Arduino UNO

És una placa de desenvolupament dissenyada per l'empresa *Arduino*, la qual té com a propòsit ajudar a l'estudi i creació de projectes interactius. Té la particularitat que s'ha dissenyat sota llicència [Open Hardware](#).

Es basa principalment en el microcontrolador Atmega328P fabricat per l'empresa [Atmel](#), el qual es pot programar mitjançant un llenguatge propi i de fàcil aprenentatge per l'usuari anomenat [Processing](#).

Disposa d'una sèrie de ports d'entrada i sortida tant digitals com analògics, als quals se'ls pot connectar una infinitat de dispositius per interactuar amb ells, controlats pel programari que carreguem al microcontrolador.

Hi ha diferents models de plaques de desenvolupament dissenyades per *Arduino*, que cobreixen les necessitats que pugui tenir l'usuari final (*Mega*, *Due*, *Yun*, *Lilypad*, etc.). Per aquest projecte es farà servir el model UNO versió 3 com a centraleta, ja que és suficient per les necessitats requerides.



Il·lustració 2. Arduino UNO

Arduino Mini Pro

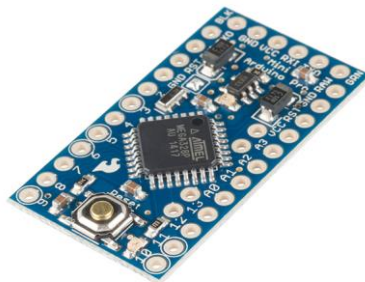
Aquesta placa té les mateixes prestacions que el seu germà *Arduino UNO*, però amb la particularitat que està fabricat amb una mida molt més petita. Això permet fer-lo servir en projectes on es requereix d'un producte resultant que tingui unes mesures reduïdes.

Això s'aconsegueix, per una part, fent servir un integrat del model *Atmega328P* d'*Atmel* i sacrificant altres elements com el connector [USB](#) per la càrrega directa del programari (mitjançant un ordinador). Tampoc disposa de reductor de voltatge de 5V a 3.3V.

Es pot trobar en dues versions diferents, una que funciona a 3.3V i una velocitat de processador de 8MHz, i una altra que funciona a 5V i una velocitat de 16MHz. Tot dependrà dels elements que es faran servir per al projecte a desenvolupar.

La càrrega del programari al microcontrolador es farà a través del seus pins de comunicació i mitjançant, per exemple, una placa *Arduino UNO*.

En aquest projecte es farà servir la versió de 5V a 16MHz ja que hi ha sensors que treballen amb aquest voltatge. S'utilitzarà per a tots els sensors annexats a la centralleta.



Il·lustració 3. Arduino Mini Pro

Mòdul NRF24L01+

Aquest mòdul de comunicació sense fils és idoni per al tipus de projecte que s'està plantejant. Fa servir el semiconductor del mateix nom que fabrica l'empresa [Nordic](#). Treballa amb la banda dels 2.4MHz i té un abast que pot anar dels 15m als 150m, depenent dels obstacles que es trobin entre els dos punts de comunicació. El seu consum és molt baix i posseeix diverses característiques que afavoreixen la transmissió de dades. Juntament amb l'*Arduino Mini Pro* seran els dos components principals de tots els sensors de la instal·lació.

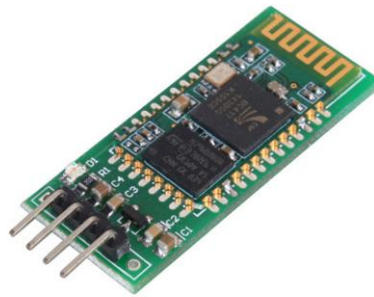
La relació prestacions / preu és la millor de les opcions a les quals es podia optar per fer les comunicacions del sistema. Altres opcions possibles per utilitzar al projecte podrien haver estat, per exemple, els mòduls *RF* a 433MHZ. Són econòmics i tenen un consum molt baix, però la transmissió de les dades no és molt fiable i tenen poc abast. També els mòduls [WiFi](#) poden arribar a transferir un alt volum de dades, però tenen un consum molt elevat i no interessa. Altres competents poden ser els que fan servir el protocol [XBee](#), però són massa cars per les necessitats que es requereixen en aquest projecte. I per descomptat els mòduls *Bluetooth*, que encara que es facin servir per al sistema d'alerta amb mòbil no són molt adients per mantenir el tipus de comunicació que es precisa entre centraleta i sensors.



Il·lustració 4. Mòdul NRF24L01+

Mòdul Bluetooth

És un mòdul de comunicació sense fils que té un amplada de banda bastant significatiu amb un consum molt baix en les seves últimes versions. Es pot trobar habitualment en els accessoris per a telèfons mòbils, com mans lliures, altaveus sense fils, etc. encara que s'estan expandint les seves aplicacions en altres camps. En aquest sistema anirà connectat a la centraleta per tal de fer les comunicacions pertinents amb el telèfon mòbil.



Il·lustració 5. Mòdul Bluetooth

Teclat numèric

Teclat numèric extraplà, amb botons de membrana que s'activen per pulsació. Serà el mètode d'activació/desactivació manual emprat a la centraleta.



Il·lustració 6. Teclat numèric

2.1.3 Components secundaris

Sensor RFID

Sensor que té la particularitat de poder identificar objectes que tinguin un xip *RFID* integrat (*Radio-Frequency Identification*) com targetes, clauers, etc. mitjançant camps magnètics. La part lògica de la centralita activarà o desactivarà el sistema amb els requisits que tingui definits. S'instal·larà a l'exterior del local o habitatge.



Il·lustració 7. Sensor RFID

Són diversos els elements que es poden fer servir com identificadors, els quals es poden gravar amb les dades que es necessitin per tal de fer la correcta detecció. En aquest projecte s'han fet servir de dos tipus, targeta tipus crèdit i clauer, encara que al mercat es poden trobar de diferents tipus i mides.



Il·lustració 8. Identificadors RFID.

Sensor PIR

Aquest sensor detecta el moviment de les persones que es troben en el seu abast mesurant la llum infraroja que desprenen. És molt freqüent trobar-ho en sistemes d'alarma habituals. Té la possibilitat de regular tant la freqüència de detecció com el rang d'abast.



Il·lustració 9. Sensor PIR

Sensor magnètic

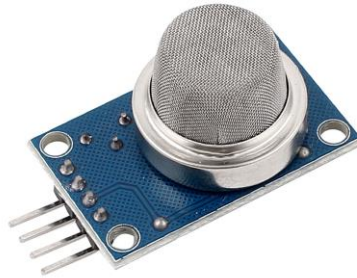
Aquest sensor treballa conjuntament amb un imant, el qual en ser a prop dels contactes ferrosos que té com detectors tanca un flux de corrent. En el moment de separar-se, aquest flux es trenca i canvia el tipus de senyal emesa. És molt comú per detectar obertura de portes o finestres en sistemes d'alarma, encara que es pot trobar en altres aplicacions.



Il·lustració 10. Sensor magnètic

Detector de gasos

Aquest sensor detecta la presència de gas o fum en l'ambient. S'instal·la normalment en cuines o locals que ho requereixin i solen activar un sistema d'extinció d'incendis o una alarma acústica.



Il·lustració 11. Detector de gasos

Sensor d'aigua

Aquest tipus de sensor detecta l'aigua que es vessi al damunt de la placa. Es pot fer servir tant per alertar quan hi ha pluja a l'exterior com per si hi ha alguna fuga d'aigua a l'interior.



Il·lustració 12. Sensor d'aigua

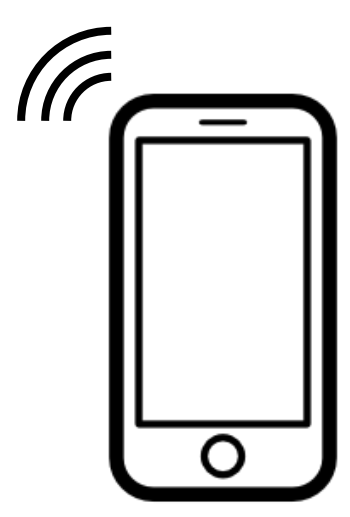
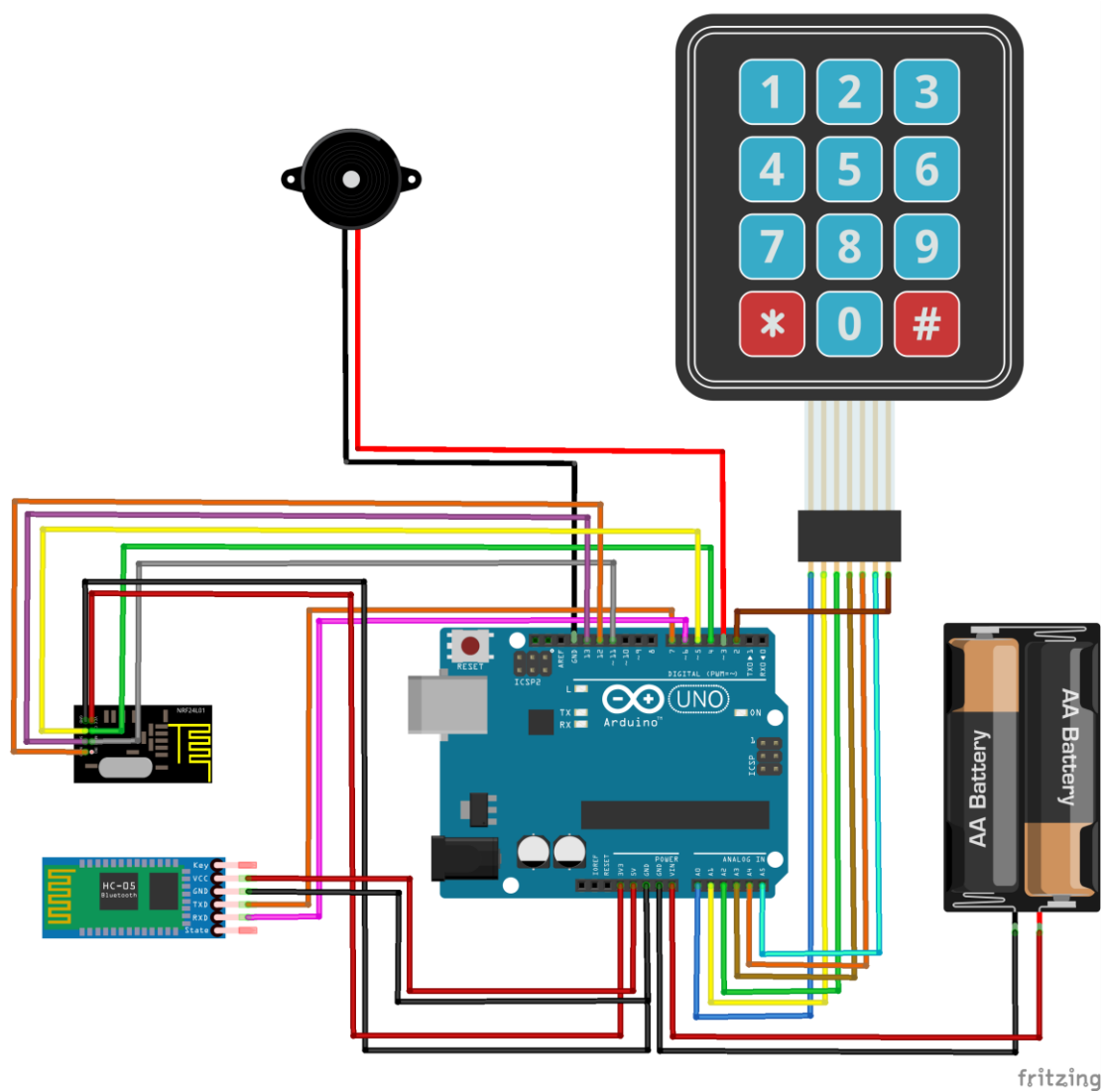
2.1.4 Esquemes de connexió

Centraleta

Per la centraleta s'ha fet servir l'*Arduino Uno*, al qual se li han afegit els components necessaris que conformen el nucli del sistema:

- El mòdul *NRF24L01+* per a la comunicació amb els sensors
- El mòdul *Bluetooth* per a la comunicació amb el mòbil
- Un teclat numèric per introduir manualment el codi d'activació/desactivació del sistema
- Un petit altaveu per comunicar els estats de la centraleta o per indicar si s'ha introduït correctament el codi al teclat numèric.

IMPORTANT: El telèfon mòbil haurà d'estar a una distància no molt allunyada de la centraleta, com a màxim uns 3-4 metres, per tal que el senyal arribi sense problemes.



Il·lustració 13. Esquema de la centraleta

Sensors

L'Arduino Mini Pro que s'ha fet servir per al projecte treballa amb un voltatge de 5V. Com que el mòdul NRF24L01+ treballa amb un voltatge de 3.3V, s'ha hagut d'afegir un regulador de potència per adequar-la, el AMS1117.

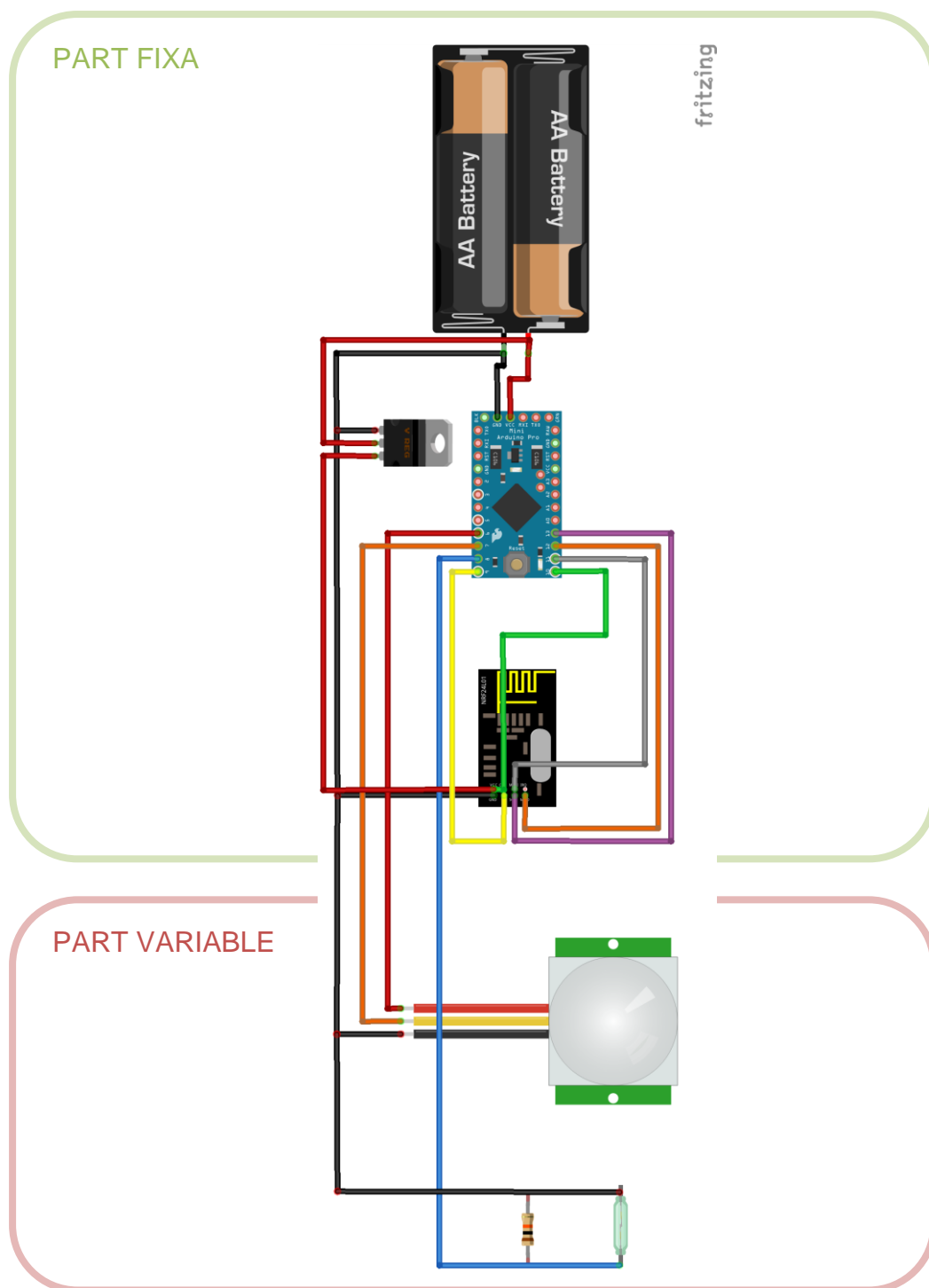
Si s'està segur de fer servir un sensor que funcioni a un voltatge de 3.3V, es pot optar per escollir el model d'*Arduino Mini Pro* que funciona amb aquesta potència, i així millorar el consum elèctric de tot el circuit.

IMPORTANT: En aquest esquema hi ha dos tipus diferents de sensors connectats al mòdul. Es pot tenir només un o tants com es necessitin, només caldrà reconfigurar la part lògica per tal que funcionin correctament.

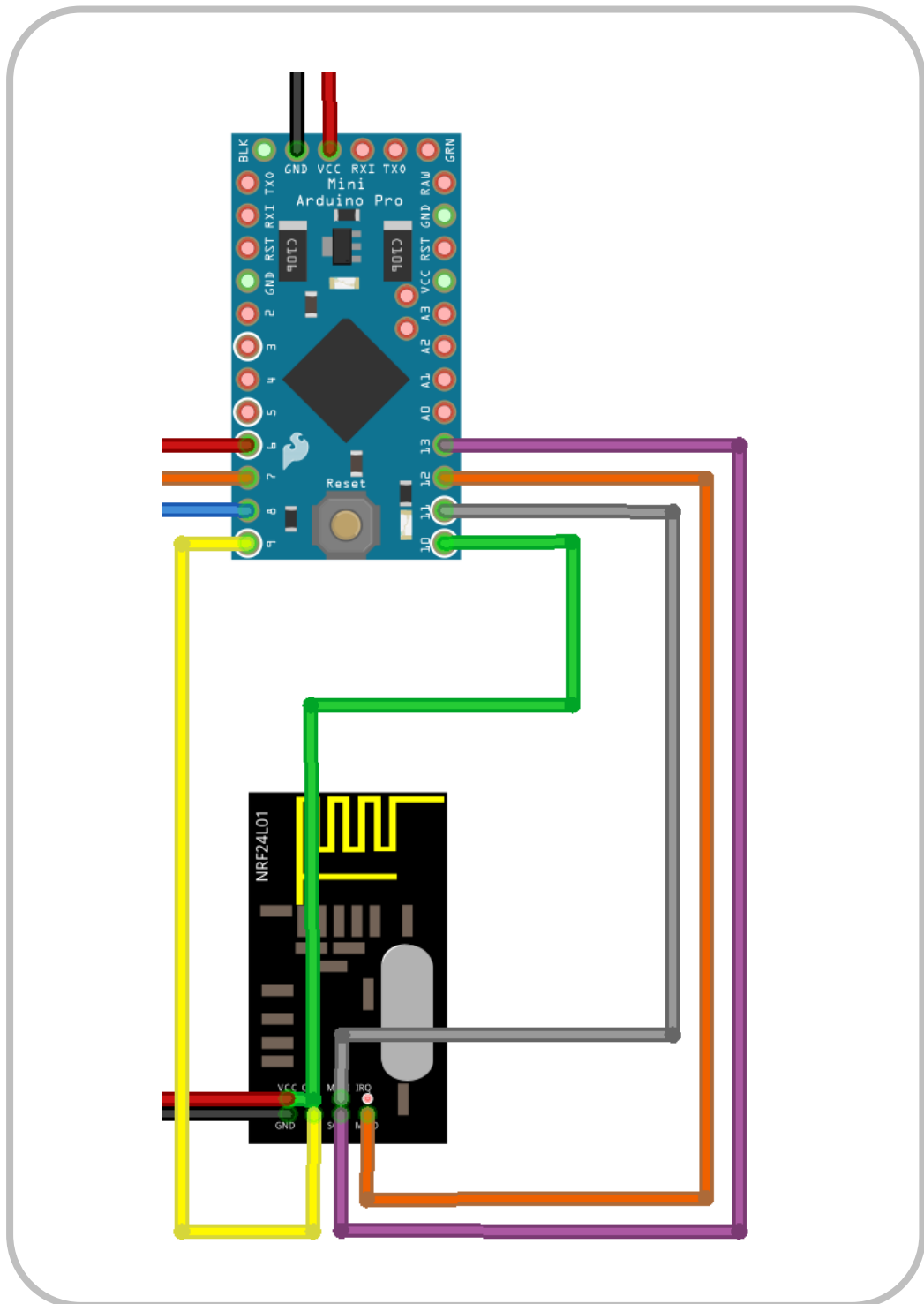
IMPORTANT: S'ha de tenir en compte, però, els nivells de consum per als tipus de sensors que es desitgi connectar, ja que pot perjudicar el sistema en cas que s'opti per una alimentació amb bateries, així com el voltatge de treball d'aquests.

ANOTACIÓ: Com a opció, s'ha fet servir una placa intermèdia entre l'*Arduino* i el mòdul *NRF24L01+* anomenada *JModule*, la qual facilita les connexions entre ells obtenint com a resultat un sensor més compacte. No és necessari, però és una bona opció. [Annex 1](#).

Es parteix de la mateixa base per a tots els sensors. La diferència entre ells és el tipus de detecció que es vol, ja que canviarà el mòdul específic.

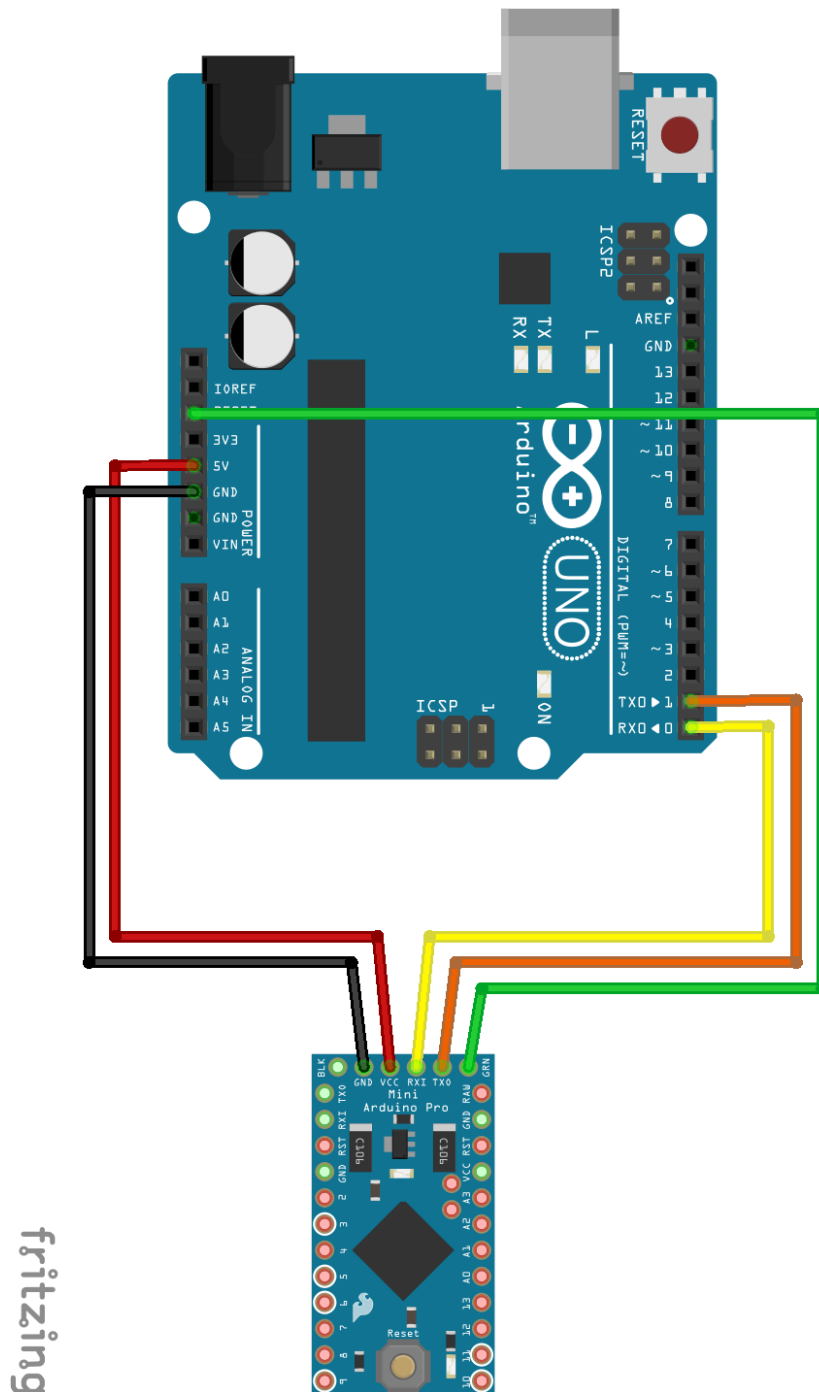


Il·lustració 14. Esquema sensors



II-lustració 15. Detall esquema sensors

Com que l'Arduino Mini Pro no incorpora un connector estàndard per poder realitzar la transferència del programari al seu microcontrolador, s'ha optat per fer servir el mateix Arduino UNO. Només s'ha de treure l'integrat PATmega328P del seu sòcol (no està soldat al mateix), i mitjançant les següents connexions utilitzar-lo com a pont per comunicar l'ordinador amb l'Arduino Mini Pro.



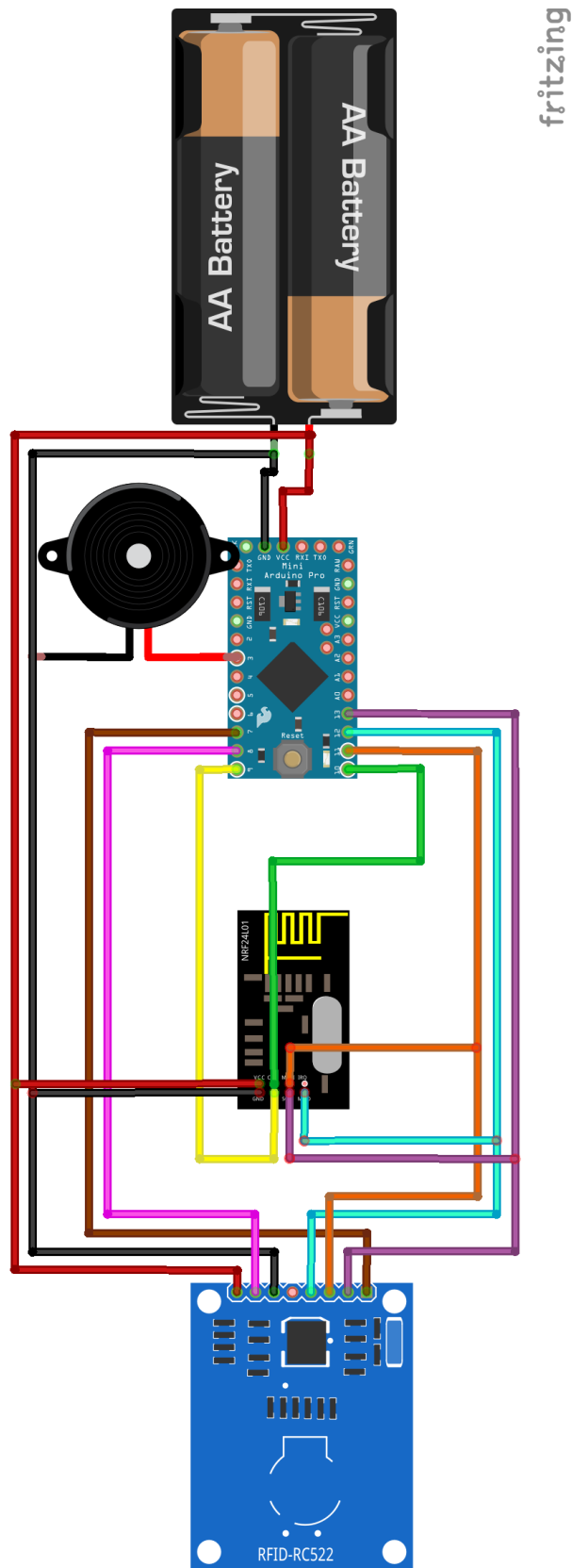
Il·lustració 16. Esquema per carregar el programa.

Sensor RFID

Aquest muntatge té l'única particularitat que tant el sensor *RFID* com el transmissor *NRF24L01+* comparteixen els mateixos pins per realitzar la comunicació ([SPI](#)) amb l'*Arduino Mini Pro*. A la part lògica ja es té en compte les accions separades de cadascun d'ells per tal de no entrar en conflicte.

És aconsellable la instal·lació del sensor fora de l'habitatge o local per tal d'activar o desactivar el sistema d'alarma. S'ha escollit aquest mètode d'identificació perquè té la particularitat de no necessitar el contacte directe dels elements que intervenen, cosa que permet ubicar-ho discretament i protegit a l'exterior. Amb una distància d'uns 5 centímetres n'hi ha prou perquè es pugui realitzar la identificació.

La connexió per aquest element opcional és la següent:



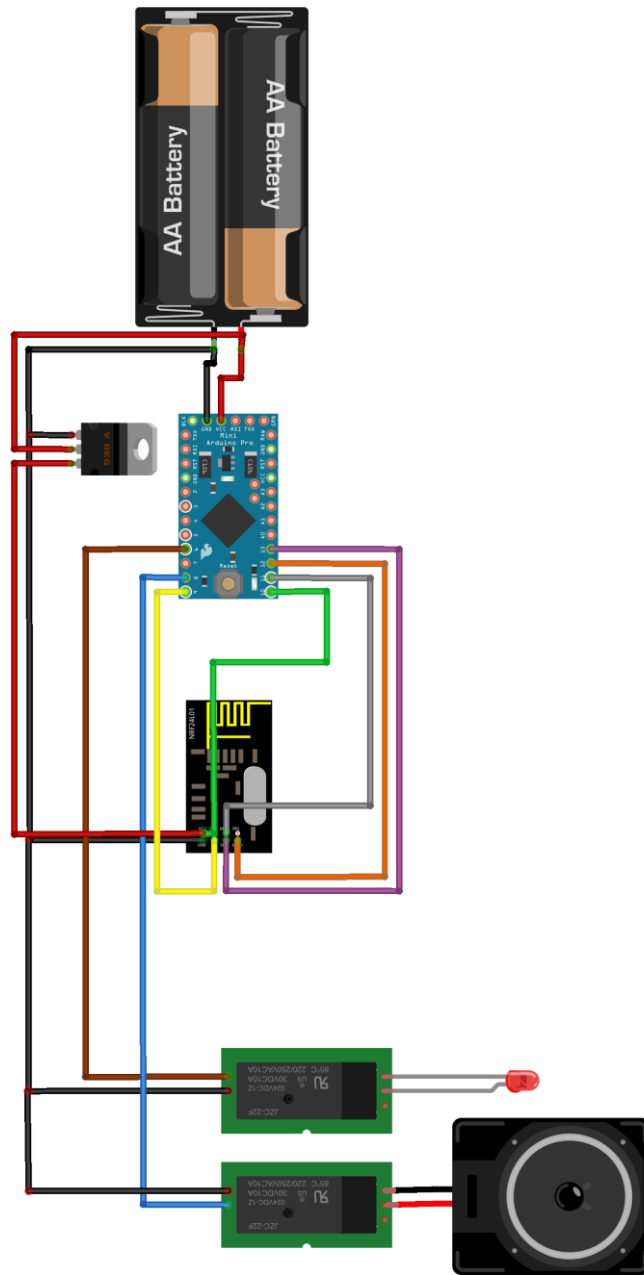
Il·lustració 17. Sensor RFID.

Alarma remota

Els relés seran els elements que controlaran tant el senyal acústic com el visual, per tal de poder fer servir qualsevol tipus de dispositiu que convingui. L'ús dels relés es justifica pel fet que permeten no estar limitats als voltatges de treball de les plaques *Arduino*, podent usar components que treballin a 220V i fins a 10A.

Es recomana que aquest circuit estigui alimentat amb una font connectada a la xarxa elèctrica principal, ja que en cas que hi hagi un tall d'energia tampoc es podran fer servir els elements dissuasius. Per tant, es pot estalviar un sistema d'alimentació autònoma.

Aquest element opcional permet tenir un element d'alarma visual i/o acústic en el lloc on sigui necessari. És adient per instal·lar a l'exterior de l'habitatge o local per tal que els senyals emesos es puguin percebre per altres persones i al mateix temps tingui un efecte dissuasiu per als intrusos.



fritzing

Il·lustració 18. Alarma remota.

2.1.5 Alimentació dels circuits

L'alimentació és fonamental en aquest sistema, ja que s'ha donat l'opció que en cas de tall de subministrament elèctric el sistema continuï funcionant de manera autònoma. Això condiona tant la mida del producte final com el preu total del conjunt de la instal·lació, i potser no és assequible per alguns dels usuaris.

Per tant, s'ofereixen diversos esquemes de connexió perquè l'usuari pugui escollir el que millor s'adapti a les seves condicions. Tots ells són igual de vàlids i alimenten els circuits amb el voltatge precís perquè tinguin un correcte funcionament.

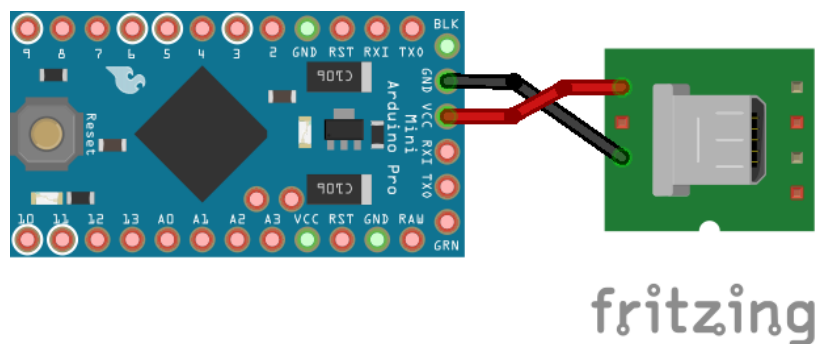
Transformador extern

Aquesta és la forma més fàcil i econòmica d'alimentar el sistema d'alarma. Per fer-ho, es pot fer servir un transformador estàndard dels que s'utilitzen per carregar els telèfons mòbils, però s'aconsella del tipus en què el cable va separat de l'aparell, el qual té un connector USB estàndard per un costat (transformador) i un micro USB a l'altre (telèfon).



Il·lustració 19. Carregador de mòbil.

Per poder alimentar l'Arduino UNO es farà servir el mateix cable amb el qual el connectem a l'ordinador per tal de carregar els programes al microcontrolador, ja que agafa el voltatge d'aquí. En canvi, per poder alimentar els circuits que es basen en l'Arduino Mini Pro, s'haurà d'afegir un connector Micro USB femella per fer-lo funcionar. Així, es pot fer servir el mateix cable amb el qual es carrega el telèfon mòbil.

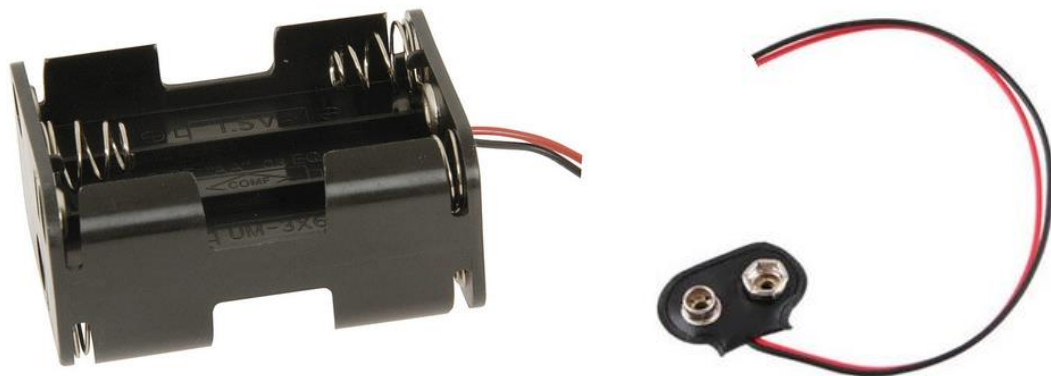


II-Il·lustració 20. Alimentació Micro-USB.

Aquest mètode és el més econòmic si es té en compte que l'usuari disposa d'un transformador d'aquest tipus (molt habitual si es té un telèfon mòbil no massa antic), ja que es pot fer servir sense problemes. L'inconvenient està en què si hi ha un tall en el subministrament elèctric, tot el sistema deixarà de funcionar i quedarà anul·lat qualsevol avís d'intrusió o detecció.

Bateries estàndard

Aquest és un sistema autònom que ens permetrà tenir en funcionament continu el nostre sistema d'alarma. Es poden fer servir tant bateries d'un sol ús com bateries recarregables mitjançant adaptadors per connectar-les a les plaques *Arduino*. Les més comunes són les que utilitzen bateries del tipus AA de 1,5V i les de tipus LR61 de 9V.



Il·lustració 21. Adaptadors bateries.

El principal inconvenient és la durada d'aquestes bateries i la despesa que això provoca, ja que cada cop que es quedin sense potència suficient per alimentar el circuit s'hauran de comprar de noves. Tenim la possibilitat de fer servir bateries recarregables, que encara que tinguin menys durada que les normals es farà només una inversió inicial única.

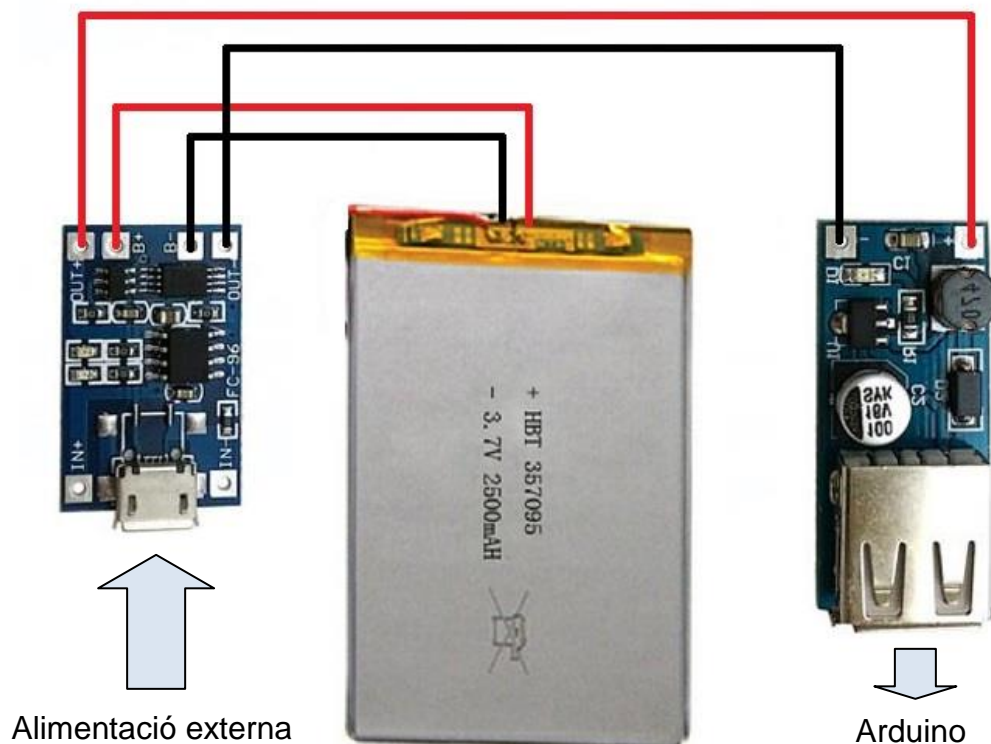
Encara i així, siguin recarregables o no, es recomana fer servir el conjunt de 6 bateries del tipus AA, ja que tenen més capacitat que les tradicionals LR61 i i es podran fer servir durant més temps.

Bateria Li-Ion

Aquest és el sistema més recomanable per utilitzar amb la centraleta, ja que aquesta té un major consum i és la que avaluarà totes les accions. Fa servir una alimentació mixta, és a dir, es connectarà al subministrament elèctric habitual i es farà servir una bateria en cas que hi hagi un tall en aquest (pot ser d'un telèfon mòbil).

L'avantatge que hi ha és que la bateria es va carregant mentre el sistema s'alimenta directament de la xarxa. Així, en cas que hi hagi un tall, la bateria es trobarà en plena capacitat per mantenir el circuit en marxa fins que es torni a restablir.

Per aconseguir aquest propòsit farà falta un mòdul de càrrega i protecció que incorpori l'integrat TP4056 i un convertidor DC-DC per obtenir el voltatge correcte, ja que es farà servir una bateria de Li-Ion que no arriba a 5V.



Il·lustració 22. Carregador Li-Ion.

2.2 Lògica del sistema

2.2.1 Conceptes generals

Aquest sistema està preparat per ser modular i poder-se ampliar segons les necessitats de l'usuari. Per aquesta raó s'ha decidit fer servir un codi el més genèric possible, per tal de no haver de modificar-ho cada cop que s'afegeix o es treu un mòdul.

El primer pas ha estat crear un vehicle de comunicació comú per a tot el sistema. Les dades que s'envien des dels sensors cap a la centralita i viceversa, s'empaqueten en una estructura on es defineixen les variables necessàries per poder prendre les decisions que calguin:

```
struct sensorData {  
    enum S_Type sensorType;  
    int sensorNum;  
    enum S_Location sensorLocation;  
    float sensorValue;  
};
```

El tipus de dades que es transporten a cada estructura es poden entendre per si mateixes, sent aquestes el tipus de sensor que emet el senyal, el número de sensor (pot haver-hi més d'un sensor per cada lloc), el lloc on està instal·lat i el valor que ha donat aquest.

Per no tenir conflictes en la definició dels noms, s'han establert els valors possibles tant pel tipus de sensor com el lloc on s'ubica:

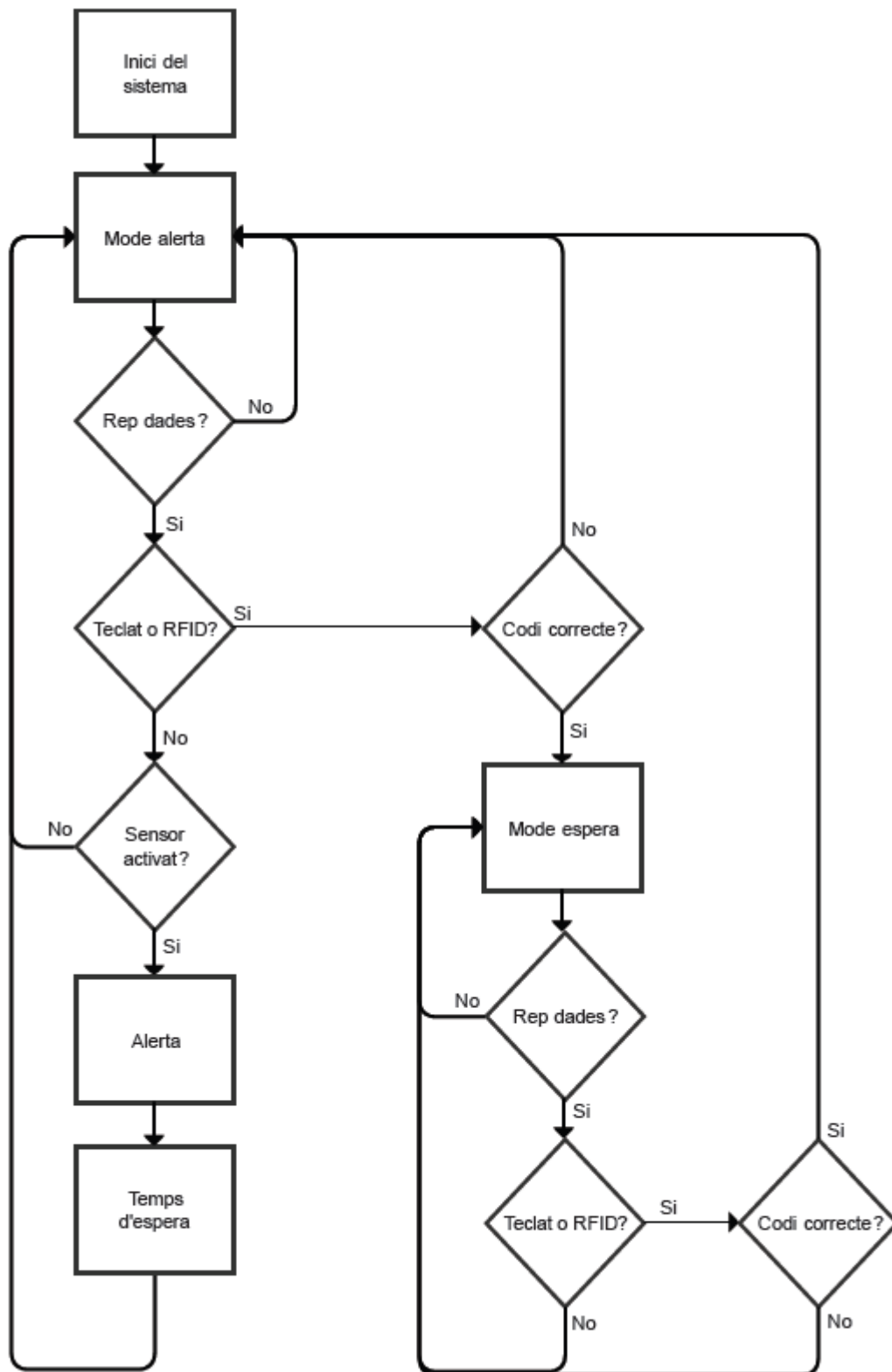
```
enum S_Type { PIR, REED_SWITCH, RFID_SENSOR,  
GAS, WATER, ALARM, SHUTDOWN } sensorType;  
  
enum S_Location { ENTRANCE, LIVING_ROOM,  
KITCHEN, BATH, ROOM, NONE } sensorLocation;
```

Amb aquest mètode, el sistema té la capacitat de poder escoltar un nombre il·limitat de sensors i donar resposta a l'usuari perquè sàpiga concretament quin d'ells ha donat l'alerta i actuar com calgui.

La major part de les accions a prendre per la lògica del programari es faran a la centraleta, la qual estarà preparada per entendre qualsevol dels sensors que s'han definit prèviament. Igualment, tots els mòduls de detecció faran servir el mateix programari comú, només sent necessàries unes poques modificacions perquè funcioni correctament. Tots aquests detalls es descriuen en els següents punts específics per cada component.

2.2.2 Centraleta

Diagrama de flux general



Il·lustració 23. Diagrama de flux centraleta.

Funcionament

El funcionament de la centraleta es basa en una màquina d'estats, la qual tindrà dos modes principals que seran el d'alerta i el d'espera.

Quan s'inicia el sistema entrarà per defecte en mode d'alerta, donant un marge de temps perquè l'usuari pugui sortir de l'àrea de detecció i no faci saltar l'alarma. A partir d'aquest moment es quedarà escoltant per si arriba alguna notificació dels sensors que hi ha instal·lats.

En cas que es produeixi una alerta, la centraleta enviarà un senyal a l'alarma dissuasiva (en cas que estigui instal·lada, aquesta executarà les accions pertinents) i farà una trucada al mòbil de l'usuari. Un cop finalitzat, tornarà al mode d'alerta per continuar escoltant.

Si la centraleta troba que el senyal que arriba és del sensor *RFID* o del teclat numèric que hi ha instal·lat a la mateixa, aquesta canviarà l'estat en què es troba (sempre i quan la verificació del codi d'identificació sigui la correcta) passant d'alerta a espera o viceversa. En cas que l'alarma estigui sonant, servirà també per desconnectar-la en cas que sigui un error de detecció.

Quan es troba en estat d'espera, ignora els senyals que arriben des dels sensors de detecció i només espera els de l'*RFID* o del teclat numèric.

Característiques

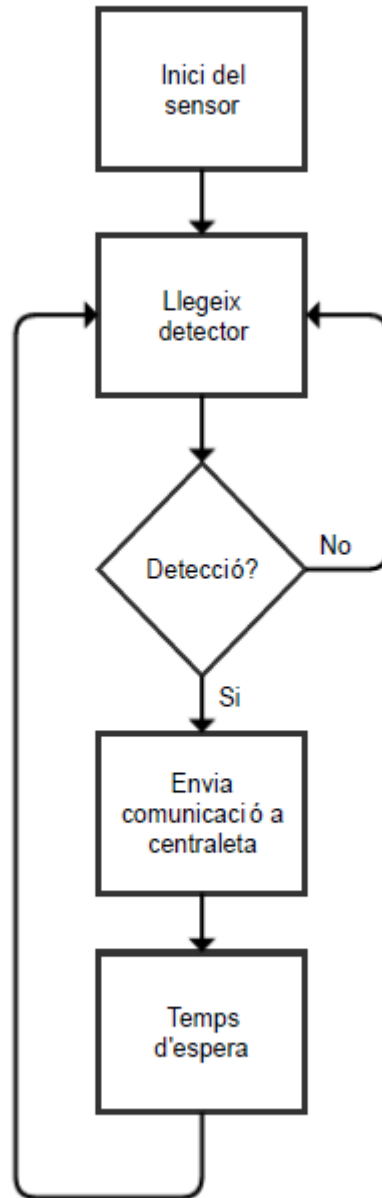
La lògica del programa permet escoltar quants sensors es vulguin tenir instal·lats sense cap límit. Només caldrà que la comunicació la facin mitjançant l'estructura estàndard perquè la pugui avaluar.

L'alarma dissuasiva s'ha separat de la centraleta per dos motius principals: un perquè es pugui instal·lar en un lloc on alerti terceres persones, normalment a l'exterior de l'habitatge o local, i una altra per tal que la centraleta no es quedi inactiva mentre fa sonar l'alarma, ja que l'arquitectura de l'*Arduino* no permet treball en segon pla o multi fil. Així, per exemple, es pot escoltar el teclat numèric o el sensor RFID per poder desactivar-la mentre està activa.

Per realitzar la comunicació amb el telèfon mòbil s'ha fet servir una aplicació de tercers anomenada *Arduino Serial Bluetooth*, la qual gestiona els avisos a l'usuari. [Annex 2](#).

2.2.3 Sensors

Diagrama de flux general



II-lustració 24. Diagrama de flux sensor.

Funcionament

Un cop s'activa, el sensor entra en mode d'escolta dels detectors que tingui incorporats. En cas que detecti un canvi en algun d'ells, es farà un enviament de les dades rebudes cap a la centraleta, perquè aquesta les avalui i prengui les decisions oportunes. Després d'un temps d'espera determinat, per tal que el mateix senyal no sigui recurrent, tornarà a entrar en mode d'escolta.

Característiques

El programa és estàndard i està preparat per poder avaluar les dades rebudes dels tipus de detectors que hi ha preestablerts, només cal que es connectin als pins corresponents:

- Pin 3 : Sensor PIR.
- Pin 4 : Sensor magnètic.
- Pin A0 : Sensor d'aigua.
- Pin A1 : Sensor de gasos.

Si es vol personalitzar el lloc on s'ubicarà cada sensor, s'hauran de fer unes petites modificacions al codi font. A la part inicial es pot trobar la definició dels tipus de sensors suportats amb una estructura com aquesta:

```
PIR.sensorType = PIR;  
PIR.sensorNum = 1;  
PIR.sensorLocation = ROOM;  
PIR.sensorValue = 0;
```

A l'exemple s'està declarant el detector de tipus PIR, al qual se li assigna el número d'ordre 1 i estarà ubicat a una habitació (ROOM). El seu valor inicial serà de 0.

Només caldrà modificar els valors *sensorNum* i *sensorLocation* amb els que l'usuari cregui convenient. Per no tenir conflictes en la definició dels noms, s'han establert els valors possibles per al lloc on s'ubicarà:

```
enum S_Location { ENTRANCE, LIVING_ROOM,  
KITCHEN, BATH, ROOM, NONE } sensorLocation
```

L'enviament a la centraleta es farà igual per a tots els detectors, independentment del tipus i quantitat. Aquesta informació és la que es farà servir per comunicar a l'usuari quin és el sensor que ha donat l'alarma.

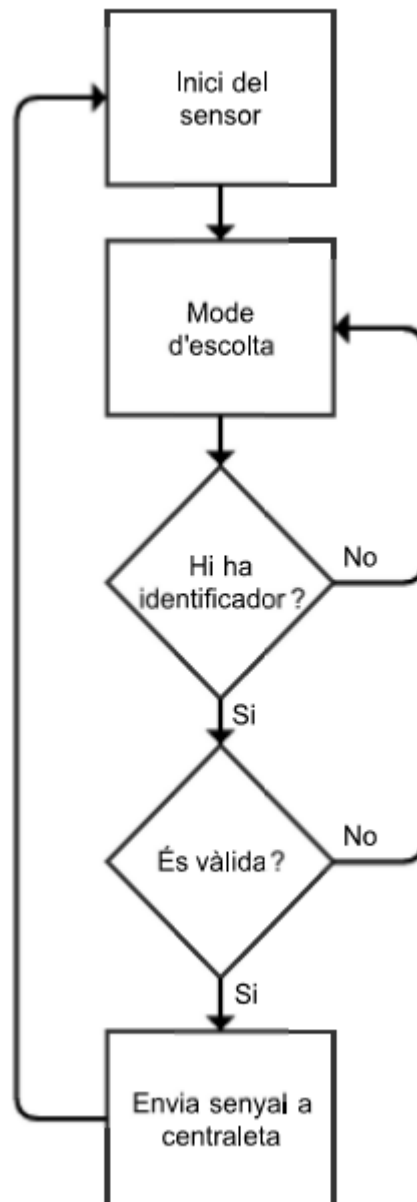
ATENCIÓ: En cas que no es connectin tots els detectors, s'haurà de modificar el codi font del programa per tal que el sistema funcioni correctament. A l'apartat anomenat *void loop()* es defineixen les comprovacions que el sistema ha de fer. Només s'hauran d'escriure dues barres diagonals tancades davant dels processos que no volem executar, per tal que el programa els ignori. Per exemple:

```
void loop () {  
    checkPIR();  
    //checkREED();  
}
```

En aquest cas el programa executarà la comprovació del sensor PIR però no la del sensor magnètic (REED).

2.2.4 Sensor RFID

Diagrama de flux general



Il·lustració 25. Diagrama de flux RFID.

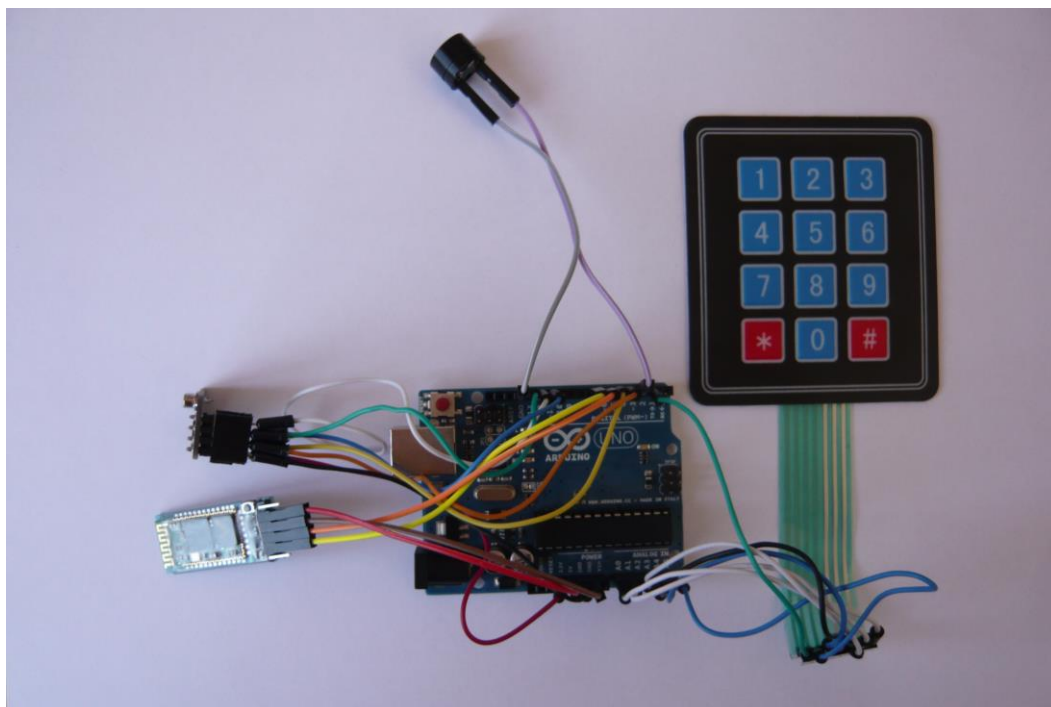
Funcionament

El sensor entra en mode d'escolta en activar-se, esperant que es detecti un identificador dins del seu rang d'abast. En cas que es passi un element a prop, el sensor llegirà la seva informació i avaluarà si és vàlid o no. El sensor emetrà un senyal acústic diferent per tots dos casos, per tal d'avisar a l'usuari si ho ha fet correctament o no.

Quan es detecti un identificador vàlid, s'enviaran les dades a la centraleta i aquesta farà les accions pertinents depenent en l'estat que es trobi el sistema en aquell moment.

2.3 Productes finals

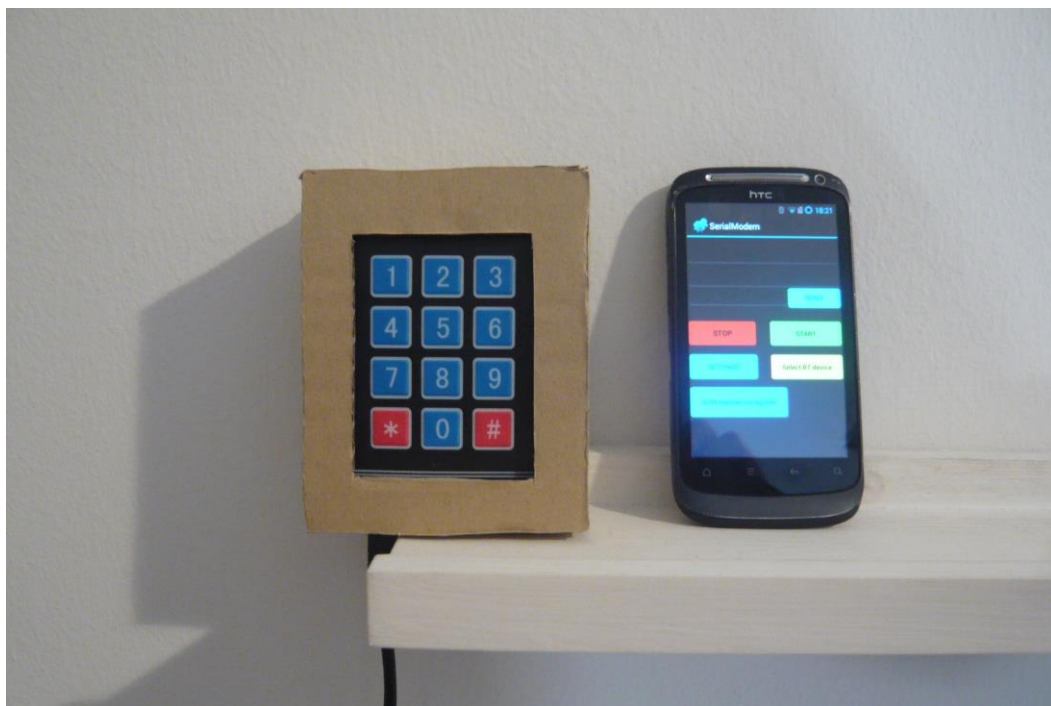
Centraleta



Il·lustració 26. Components connectats.

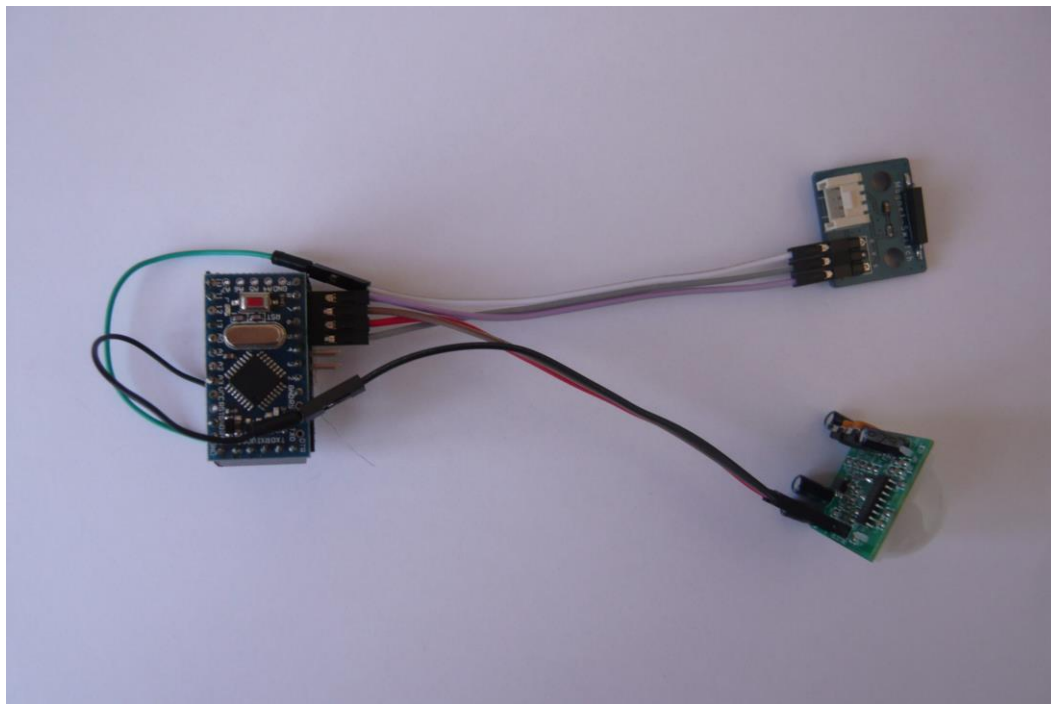


Il·lustració 27. Encapsulat al prototip.



Il·lustració 28. Instal·lat al lloc

Sensor



Il·lustració 29. Components connectats.

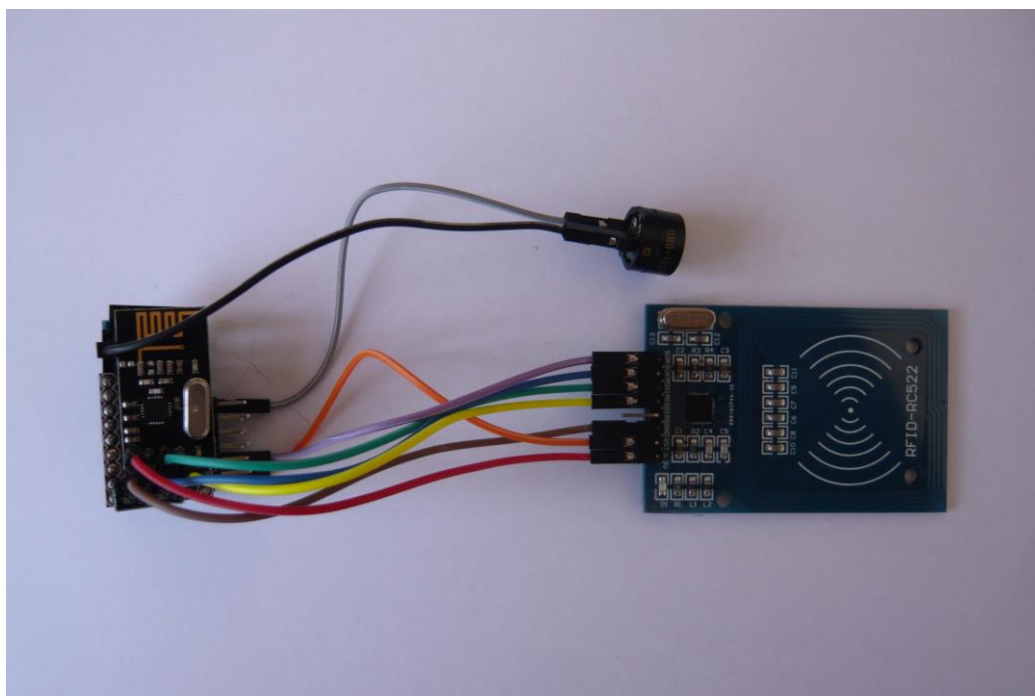


Il·lustració 30. Encapsulat al prototip.



Il·lustració 31. Instal·lat al lloc.

Sensor RFID



Il·lustració 32. Components connectats.

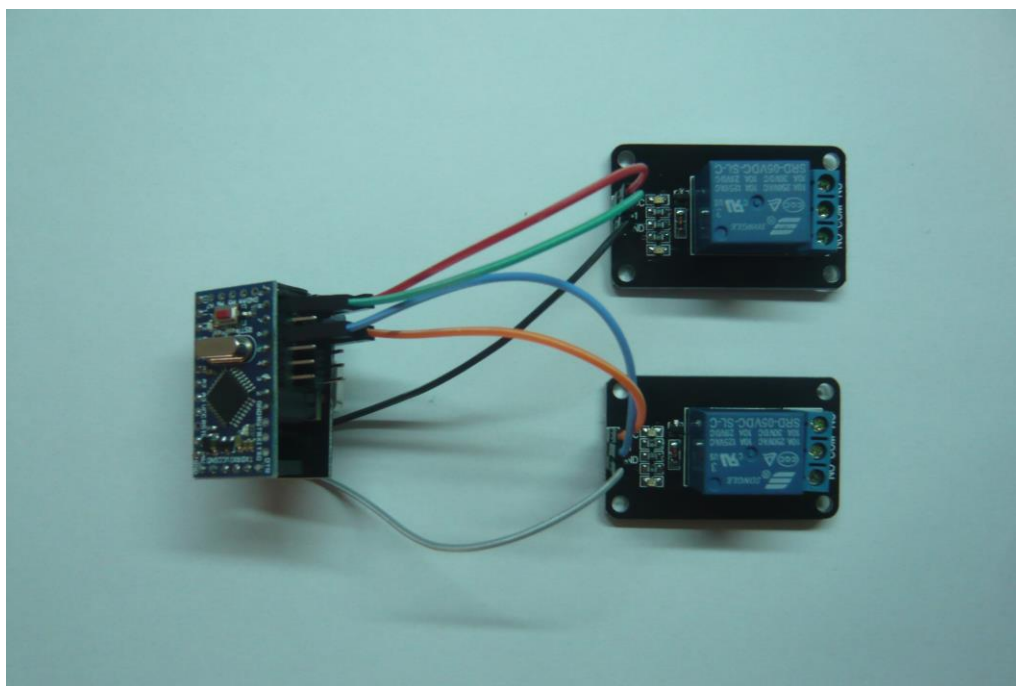


Il·lustració 33. Instal·lat a l'entrada de l'habitatge.



Il·lustració 34. Aspecte definitiu.

Alarma



Il·lustració 35. Components connectats.



Il·lustració 36. Instal·lat al lloc.

2.4 Pressupostos

S'ha realitzat una llista de preus de tots els components que s'han fet servir per a una instal·lació completa. Els preus estan en divisa USD, ja que s'han adquirit online a comerços estrangers.

Producte	Preu USD
Arduino UNO	3,87
Arduino Mini Pro 5V	1,59
NRF24L01+	0,99
Bluetooth HC-05	3,49
Placa JModule	1,08
10 x Reguladors voltatge LM1117	0,78
Sensor PIR	0,99
Sensor Magnètic	0,99
Sensor Aigua	0,78
Sensor Gas	1,22
Sensor RFID + Tarjeta ID + Clauer ID	2,46
Teclat numèric	0,77
Placa carregadora bateria Li-Ion	1,19
DC-DC booster	1,33
Bateria 3.7V 4000mAh	8,00
10 x Micro USB femella	0,78
2 x Adaptador bateria 9V	0,99
Adaptador 4 bateries 1,5V	0,78
2 x Bateries 9V recarregables 600mAh	6,85
8 x Bateries 1,5V 3000mAh recarregables	5,99
Carregador paret 5V USB	0,99

Com es pot veure, els elements que s'han fet servir són molt econòmics encara que s'instal·lés el sistema d'alarma complet. Hi ha algunes parts que segurament es poden aconseguir sense haver de comprar-les, ja que són d'ús quotidià i es podrien trobar a casa.

IMPORTANT: S'ha de tenir en compte que aquí no es reflexa ni el mòbil, ni la targeta SIM amb contracte per poder fer les trucades d'alerta a l'usuari. El sistema té la possibilitat d'enviar correus electrònics, pel que no caldria tenir-ne una si no és estrictament necessari.

3. Conclusions

Aquest projecte és una demostració del que es pot arribar a fer amb les noves plataformes obertes de microcontroladors programables com l'*Arduino*. S'ha escollit aquesta àrea perquè ha estat una necessitat personal el poder disposar d'un sistema d'alarma, sense haver de recórrer a les instal·lacions que ja existeixen al mercat amb uns preus prohibitius.

El disseny que s'ha proposat cobreix realment les necessitats d'un usuari per poder protegir el seu habitatge o local. S'han fet servir els sensors més comuns per tal de realitzar aquesta tasca, però si es tenen coneixements en programació es pot personalitzar amb altres més concrets que es puguin necessitar.

Al fer servir un sistema de comunicació sense fils, els avantatges en la seva instal·lació tant per salvar distàncies com per no haver de connectar els elements amb cable físic, fan que no hi hagi restriccions a l'hora d'implementar-ho. Igualment, és un sistema *plug-and-play* que no requereix de coneixements previs, donant més facilitats a l'usuari.

Així doncs, el còmput global ha estat positiu, encara que a l'última fase les sensacions han estat contradictòries. Des d'un inici la motivació ha estat màxima, amb ganes d'arribar fins al final assolint els objectius que s'havien planificat durant la gestació del projecte, però l'ambició va ser massa elevada. S'han quedat a l'esborrany ampliacions que segurament li donarien un valor afegit al conjunt de la instal·lació, augmentant les seves funcionalitats principals. De totes maneres, crec que el projecte presentat està prou bé, tenint per segur que un cop es finalitzi el treball de final de grau el continuaré desenvolupant fins arribar a les fites proposades des d'un inici. Al fi i a la cap, es tracta d'una necessitat personal, la qual segurament aniré millorant i ampliant amb el pas del temps i del seu ús.

4. Glossari

Arduino: Companyia italiana que fabrica (entre altres coses) plaques de desenvolupament *Open Hardware* amb un microcontrolador que es programa amb *Processing*.

Atmel: Companyia estatunidenca que fabrica els microcontroladors que es fan servir a les plaques *Arduino*.

Bluetooth: Especificació amb la qual es transmeten dades per radiofreqüència fent servir un protocol concret.

Nordic: Companyia noruega que fabrica semiconductors, entre ells el NRF24L01+.

Open Hardware: Tots els dispositius fabricats sota aquesta especificació tenen la particularitat que els seus esquemes i mètodes de fabricació són d'accés públic.

Processing: Llenguatge de programació basat en Java que es fa servir molt sovint en l'àmbit de l'educació i en el desenvolupament de projectes de prototipatge.

RFID: Sistema que fa servir la radiofreqüència per la identificació d'objectes amb un xip especial, anomenats etiquetes RFID.

SMS: Sistema de missatgeria de text fet servir en la telefonia mòbil.

SPI: És un estàndard de comunicació serial que es fa servir molt sovint per transferir informació entre circuits integrats a altres dispositius.

USB: És un bus universal que defineix els protocols, connectors i cables que s'utilitzen per connectar i comunicar dispositius.

WiFi: Tecnologia sense fils que transmet dades entre dispositius mitjançant la banda dels 2.4GHz.

XBee: És una tecnologia per a la comunicació sense fils que té la particularitat de consumir molt poca energia i es pot fer servir en dispositius petits.

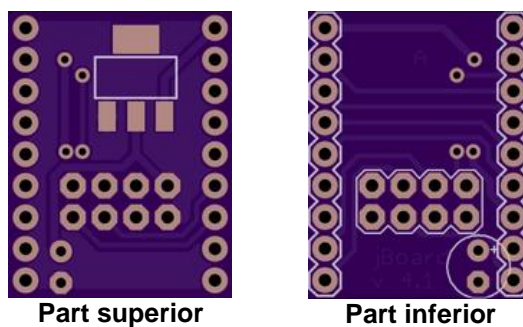
5. Bibliografia

1. Interfacing with hardware
<http://playground.arduino.cc/Main/InterfacingWithHardware>
2. Mòdul NRF24L01+
<http://playground.arduino.cc/InterfacingWithHardware/Nrf24L01>
3. Mòdul Bluetooth HC-05
<http://www.prometec.net/bt-hc05/>
4. JModule
<https://www.openhardware.io/view/20/jModule#tabs-instructions>
5. Teclat numèric
<http://arduinolearning.com/learning/basics/arduino-numeric-keypad.php>
6. Sensor PIR
<http://blog.theinventorhouse.org/usando-nrf24l01-y-sensor-pir-con-arduino/>
7. Sensor RFID
http://www.leanotec.es/blog/29_Control-de-acceso-con-Arduino-y-RFID-.html
8. Sensor magnètic
<http://ardulineando.matem.unam.mx/proyectos/reedSwitch>
9. Sensor de pluja / aigua
<http://www.luisllamas.es/2016/02/arduino-lluvia/>

6. Annexos

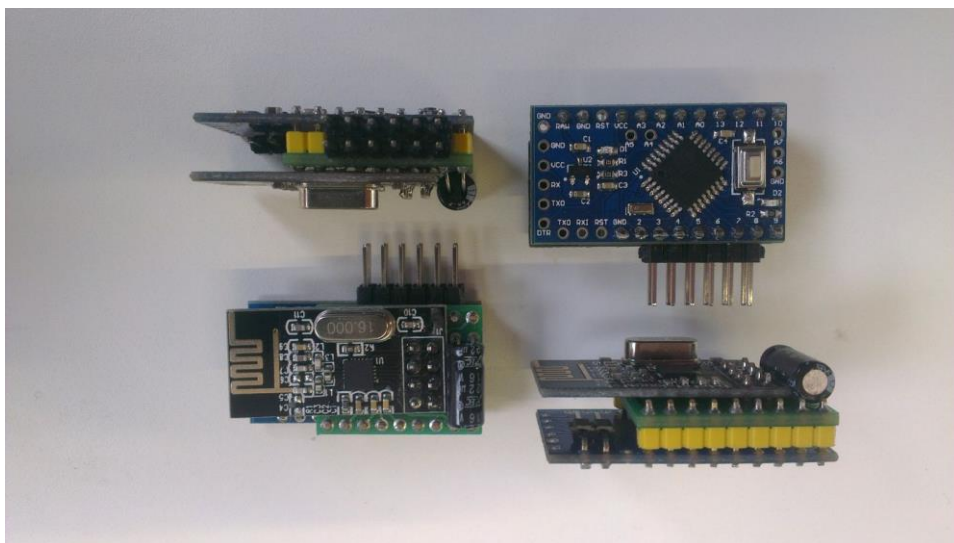
Annex 1. JModule

Aquesta placa ha estat dissenyada per Julian i compartida al lloc web openhardware.io . La seva funció és connectar l'Arduino Mini Pro amb el mòdul NRF24L01 de manera que quedi un sensor més compacte per poder instal·lar-ho on es vulgui.



Il·lustració 37. Placa JModule.

L'esquema de connexió és el mateix que es representa a la [il·lustració 6](#), quedant com a resultat final el següent producte preparat per connectar els detectors que es precisin.



Il·lustració 38. Sensor amb JModule.

Annex 2. Programari del telèfon mòbil.

Per poder gestionar els missatges enviats des de la centralita al telèfon mòbil, s'ha fet servir una aplicació de tercers anomenada *Arduino Serial Bluetooth*, la qual es pot trobar al *Market d'Android* i està desenvolupada per *Vizler Rainhold*.

En aquesta aplicació es pot configurar el telèfon al qual es vol trucar en cas d'alarma, a quin telèfon es vol enviar un missatge SMS i a quin compte de correu electrònic es vol enviar un avís. Les accions les realitzarà depenent del tipus de missatge que li enviem des de la centralita.

The screenshot shows a 'Settings' screen with a gear icon. It contains the following fields and labels:

- 20:13:11:11:24:61
HC-05 mac adress
- receive@gmail.com
mail for receiving
- send@gmail.com
mail for sending
- sendmail@gmail.com
sending mail to mail
- http://adresses.com/logdata.php/
http adress
- 0981234567
sending sms on number
- 0996655432
number for calling

A red 'SAVE' button is located to the right of the first field.

II-lustració 39. Configuració aplicació mòbil.

